

Model Risiko Sistemik terhadap Eskalasi Geopolitik Global Menggunakan Pendekatan Dinamika Nonlinier

Habib Syarkowi Harahap^{1*}

¹ Yayasan Cita Cendekiawan Al-Khawarizmi, Medan, Indonesia

¹rahmatpanaekan@gmail.com *

INFO ARTIKEL

Article history:

Received Juni 2026

Published Juli 2026

ABSTRAK

Meningkatnya konflik bersenjata, fragmentasi geoekonomi, dan melemahnya institusi internasional menunjukkan bahwa sistem geopolitik global semakin rentan terhadap eskalasi konflik berskala besar. Namun, sebagian besar studi geopolitik masih memandang eskalasi sebagai peristiwa yang dipicu oleh aktor atau kejadian tertentu, sehingga kurang mampu menangkap karakter sistemik dan nonlinier dari risiko global. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan risiko eskalasi geopolitik global sebagai fenomena sistemik yang muncul dari interaksi tekanan struktural dan mekanisme ambang nonlinier. Penelitian ini mengembangkan kerangka pemodelan sistem kompleks yang mengintegrasikan enam dimensi utama, yaitu intensitas konflik, perlombaan senjata, fragmentasi geoekonomi, ketidakpastian informasi, kekuatan diplomasi, dan ketahanan institusi internasional. Risiko sistemik dihitung menggunakan fungsi risiko berbobot yang dipadukan dengan mekanisme tipping point, kemudian dievaluasi melalui simulasi Monte Carlo sebanyak 200.000 iterasi. Analisis dilakukan terhadap distribusi risiko, struktur kuantil, sensitivitas parameter, dan stabilitas model. Hasil menunjukkan bahwa distribusi risiko bersifat tidak simetris dan terkonsentrasi pada tingkat risiko tinggi, dengan median skor risiko sebesar 81,33 dan kuantil ke-95 mencapai 92,08. Temuan ini menunjukkan bahwa outcome ekstrem muncul secara konsisten sebagai konsekuensi dari dinamika nonlinier sistem internasional. Analisis sensitivitas mengidentifikasi intensitas konflik dan perlombaan senjata sebagai determinan utama risiko sistemik, sementara diplomasi dan institusi internasional berperan sebagai mekanisme penyangga terhadap eskalasi. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pendekatan risiko sistemik dalam studi geopolitik serta menyediakan dasar metodologis bagi sistem peringatan dini terhadap eskalasi konflik global.

Kata Kunci: risiko eskalasi geopolitik; sistem kompleks nonlinier; mekanisme ambang kritis; simulasi Monte Carlo; distribusi risiko kuantil.

ABSTRAK

Increasing armed conflicts, geoeconomic fragmentation, and the weakening of international institutions indicate that the global geopolitical system is becoming increasingly vulnerable to large-scale conflict escalation. However, most geopolitical studies continue to view escalation as an event driven by specific actors or incidents, limiting their ability to capture the systemic and nonlinear nature of global risk.

This study aims to model the systemic risk of global geopolitical escalation as an emergent phenomenon arising from the interaction of structural pressures and nonlinear threshold mechanisms. A complex systems modeling framework is developed by integrating six key dimensions: conflict intensity, arms race dynamics, geoeconomic fragmentation, information uncertainty, diplomatic capacity, and international institutional resilience. Systemic risk is quantified using a weighted risk function combined with a tipping-point mechanism and evaluated through 200,000 Monte Carlo simulation runs. The analysis focuses on risk distribution, quantile structure, parameter sensitivity, and model robustness. The results reveal a highly asymmetric risk distribution concentrated in the high-risk region, with a median risk score of 81.33 and a 95th percentile value of 92.08. These findings suggest that extreme outcomes emerge consistently as a consequence of the nonlinear dynamics governing the international system. Sensitivity analysis identifies conflict intensity and arms race dynamics as the primary drivers of systemic risk, while diplomacy and international institutions act as critical stabilizing mechanisms that mitigate escalation. This study contributes to the advancement of systemic risk approaches in geopolitical analysis and provides a methodological foundation for the development of early-warning systems aimed at monitoring and anticipating global conflict escalation.

Keywords: Systemic Risk; Geopolitical Escalation; Complex Systems Modeling; Monte Carlo Simulation; Nonlinear Dynamics; Tipping Point.

©2026 Authors. Licensed Under [CC-BY-NC-SA 4.0](#)

1. Pendahuluan

Dinamika geopolitik global kontemporer ditandai oleh meningkatnya konflik bersenjata, perlombaan senjata, fragmentasi geoekonomi, serta melemahnya mekanisme multilateralisme. Kondisi ini memunculkan kembali diskursus mengenai potensi eskalasi konflik berskala besar, termasuk kemungkinan konflik global yang melibatkan kekuatan utama dunia (Cairo-Carou, 2021a). Namun demikian, sebagian besar kajian geopolitik masih menganalisis fenomena tersebut melalui pendekatan aktor-sentris, deterministik, atau berbasis skenario tunggal, yang cenderung menekankan peran keputusan negara tertentu atau peristiwa pemicu spesifik.

Pendekatan tersebut menghadapi keterbatasan serius dalam menjelaskan mengapa eskalasi konflik global sering kali muncul secara tiba-tiba, tanpa perubahan drastis yang tampak pada satu variabel atau aktor tertentu (Arnscheidt et al., 2025). Literatur geopolitik arus utama umumnya mengasumsikan bahwa stabilitas internasional merupakan kondisi dasar, sementara konflik global berskala besar diperlakukan sebagai *low-probability high-impact event* (Moure Peñín, 2024). Asumsi ini semakin dipertanyakan dalam konteks sistem internasional yang bersifat multipolar, saling terhubung, dan rentan terhadap umpan balik nonlinier.

Seiring berkembangnya literatur sistem kompleks, muncul pemahaman bahwa konflik internasional tidak selalu berkembang secara gradual, melainkan dapat mengalami perubahan rezim (*regime shift*) ketika tekanan sistemik melampaui kapasitas adaptifnya (Braha, 2024). Namun, meskipun konsep seperti *nonlinearity*, *systemic risk*, dan *tipping point* semakin sering dibahas secara konseptual, penerapannya dalam analisis kuantitatif geopolitik masih terbatas (Muhyiddin, 2025). Banyak studi berhenti pada narasi teoritis tanpa menunjukkan bagaimana mekanisme nonlinier tersebut tercermin dalam distribusi risiko dan hasil empiris yang terukur.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini mengajukan pendekatan alternatif dengan memodelkan risiko eskalasi geopolitik global sebagai fenomena sistemik dan probabilistik, bukan sebagai prediksi peristiwa Tunggal (Dahal, 2024). Fokus utama penelitian ini adalah mengkarakterisasi struktur distribusi risiko, dominasi outcome berisiko tinggi, serta mekanisme ambang nonlinier yang memicu lonjakan eskalasi. Pendekatan ini secara eksplisit menggeser fokus analisis dari pertanyaan “*kapan konflik global terjadi*” menuju “*dalam kondisi sistemik seperti apa eskalasi ekstrem menjadi mungkin*” (Brandtjen, 2025).

Berbeda dengan studi sebelumnya yang mengandalkan nilai rata-rata atau indikator tunggal, penelitian ini mengintegrasikan beberapa dimensi utama geopolitik konflik, kapabilitas militer, fragmentasi ekonomi, ketidakpastian informasi, diplomasi, dan institusi internasional ke dalam satu kerangka pemodelan risiko (Braha, 2024). Melalui simulasi probabilistik, penelitian ini menghasilkan distribusi empiris skor risiko yang

memungkinkan analisis kuantil, struktur multimodal, dan transisi rezim risiko, yang secara langsung mencerminkan dinamika nonlinier sistem internasional.

Penelitian ini diposisikan dalam ranah studi keamanan internasional dan analisis risiko global, dengan fokus pada pemahaman eskalasi konflik geopolitik sebagai fenomena sistemik, bukan semata-mata hasil keputusan aktor atau peristiwa pemicu tertentu. Berbeda dari pendekatan geopolitik konvensional yang menekankan stabilitas sebagai kondisi dasar dan memperlakukan konflik global sebagai kejadian langka berisiko tinggi, penelitian ini memandang sistem internasional kontemporer sebagai sistem kompleks nonlinier yang beroperasi dekat dengan batas kritisnya. Dengan demikian, eskalasi konflik dipahami sebagai outcome emergen dari interaksi tekanan struktural lintas domain, yang tidak dapat dijelaskan secara memadai melalui pendekatan linier atau analisis berbasis nilai rata-rata.

Kontribusi utama penelitian ini bersifat metodologis dan konseptual, yaitu dengan memperkenalkan kerangka kuantitatif berbasis simulasi probabilistik untuk menganalisis distribusi risiko eskalasi geopolitik global. Melalui integrasi pemodelan sistem kompleks, mekanisme ambang nonlinier (*tipping point*), dan analisis kuantil, penelitian ini menjembatani kesenjangan antara literatur geopolitik yang dominan bersifat kualitatif dan literatur analisis risiko yang menekankan distribusi probabilistik serta outcome ekstrem. Pendekatan ini memungkinkan pergeseran fokus analisis dari upaya memprediksi waktu terjadinya konflik global menuju pemahaman kondisi sistemik yang membuat eskalasi ekstrem menjadi mungkin.

Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kajian risiko geopolitik dan tata kelola keamanan global, khususnya dalam menyediakan dasar analitis bagi pendekatan peringatan dini berbasis risiko sistemik dan perubahan rezim, yang lebih sesuai dengan karakter sistem internasional yang saling terhubung, multipolar, dan sarat ketidakpastian.

Berdasarkan tujuan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengkarakterisasi struktur distribusi risiko eskalasi geopolitik global; (2) mengidentifikasi peran mekanisme nonlinier dan *tipping point* dalam eskalasi konflik; dan (3) mengevaluasi implikasi sistemik dari melemahnya mekanisme peredam konflik terhadap stabilitas global.

2. Tinjauan Pustaka

Kajian risiko eskalasi konflik global secara umum berkembang melalui tiga arus utama: (i) pendekatan aktor-sentris dan rasionalitas strategis, (ii) pendekatan struktural berbasis sistem internasional dan interdependensi, serta (iii) pendekatan sistem kompleks dan risiko nonlinier. Ketiga arus ini berkontribusi penting, namun juga menyisakan keterbatasan metodologis dan konseptual ketika dihadapkan pada pola kontemporer eskalasi konflik yang tampak tidak gradual, bersifat lintas domain, dan menunjukkan karakteristik risiko ekstrem (Fisher & Sandberg, 2022; Prantl & Goh, 2022; Wilkenfeld & Murauskaite, 2023).

Arus pertama didominasi oleh teori hubungan internasional yang menekankan keputusan aktor, preferensi, dan strategi. Perspektif ini biasanya memodelkan eskalasi sebagai hasil interaksi strategis yang dapat dijelaskan melalui kalkulasi biaya manfaat dan keseimbangan (misalnya melalui logika *deterrence*, *bargaining*, atau permainan berulang) (Nicolaidis & Giovanardi, 2022). Kontribusi pendekatan ini terletak pada kemampuannya menjelaskan motif dan strategi, serta membedakan insentif eskalasi vs de-eskalasi (Zartman & Vuković, 2023). Namun, kritik utama terhadap pendekatan aktor-sentris adalah kecenderungannya mengasumsikan dinamika eskalasi yang relatif gradual dan dapat ditelusuri pada aktor tertentu. Dalam praktik geopolitik modern, eskalasi sering dipicu oleh insiden ambigu, shock ekonomi, atau dinamika informasi faktor yang tidak selalu dapat direduksi menjadi keputusan aktor tunggal. Akibatnya, literatur aktor-sentris sering kesulitan menjelaskan mengapa sistem dapat bergeser cepat dari ketegangan tinggi menjadi eskalasi luas tanpa perubahan besar pada satu aktor atau satu variabel (Bousquet et al., 2020; Orsini et al., 2020).

Arus kedua menekankan faktor struktural, termasuk distribusi kekuatan, institusi internasional, serta jaringan interdependensi ekonomi. Dalam literatur ini, risiko konflik besar dipahami sebagai keluaran dari konfigurasi sistem internasional dan perubahan struktur global (Morrison et al., 2023). Pendekatan struktural memberi penjelasan yang lebih makro mengenai mengapa ketegangan meningkat pada era multipolar atau saat interdependensi melemah (Morrison et al., 2022). Namun, sebagian karya struktural masih bertumpu pada logika keseimbangan dan asumsi kestabilan relatif: stabilitas dipandang sebagai baseline, sedangkan perang besar ditempatkan sebagai deviasi langka. Keterbatasan ini berimplikasi pada cara risiko dibaca:

banyak studi menggunakan penilaian berbasis rata-rata, indeks tunggal, atau skenario statik sehingga kurang menangkap fenomena yang secara empiris justru menonjol, yaitu dominasi risiko tinggi dan kemungkinan outcome ekstrem.

Arus ketiga yang berkembang pesat dalam dua dekade terakhir memandang geopolitik sebagai sistem kompleks nonlinier yang dapat mengalami transisi rezim (Braha, 2024). Literatur sistem kompleks menekankan bahwa konflik dan stabilitas merupakan fenomena emergen dari interaksi banyak komponen, bukan hasil penjumlahan linier (Brandtjen, 2025). Dalam kerangka ini, tipping point, phase transition, dan cascading failure menjadi konsep kunci untuk menjelaskan mengapa eskalasi dapat tampak mendadak dan tidak proporsional. Studi-studi mengenai early-warning signals dan critical transitions memberikan perangkat teoretis untuk memahami fragilitas sistem dan indikator mendekati ambang kritis (Cairo-Carou, 2021; Dahal, 2024; Muhyiddin, 2025). Akan tetapi, kelemahan yang masih sering muncul adalah bahwa konsep nonlinieritas kerap berhenti sebagai narasi konseptual tanpa operasionalisasi kuantitatif yang transparan dan dapat menghasilkan keluaran empiris berupa distribusi risiko yang dapat diuji.

Di titik inilah letak perdebatan paling penting dalam literatur: apakah risiko eskalasi global dapat dipahami sebagai tail event yang sangat jarang dalam sistem yang umumnya stabil, ataukah sistem internasional kontemporer justru beroperasi dekat batas kritis sehingga outcome berisiko tinggi menjadi dominan (Arnscheidt et al., 2025; Moure Peñín, 2024). Studi yang menempatkan perang besar sebagai tail event cenderung menggunakan logika distribusi “normal” atau pendekatan ekspektasi rata-rata, sedangkan literatur kompleks menekankan fat tails dan non-Gaussian risks. Namun, perdebatan ini sering tidak terselesaikan secara empiris karena minimnya penelitian yang secara eksplisit memproduksi dan menganalisis distribusi risiko (misalnya melalui kuantil dan bentuk distribusi) serta mengaitkannya dengan mekanisme ambang.

Selain itu, terdapat perdebatan mengenai peran diplomasi dan institusi internasional. Sebagian literatur memandang diplomasi dan institusi sebagai variabel penyangga yang meningkatkan stabilitas secara gradual misalnya melalui peningkatan biaya konflik, norma, dan mekanisme koordinasi. Sebaliknya, perspektif sistem kompleks memandang komponen “peredam” sebagai faktor yang dapat mengalami kegagalan mendadak dan, ketika melemah, mengubah dinamika sistem secara diskontinu. Dengan kata lain, diplomasi dan institusi tidak hanya menggeser risiko sedikit demi sedikit, tetapi dapat mengubah rezim risiko ketika fungsinya turun melewati ambang tertentu. Perbedaan pembacaan ini penting karena menentukan strategi mitigasi: apakah cukup “memperbaiki sedikit” atau harus menjaga sistem agar tidak melewati titik kritis.

Literatur analisis risiko modern juga menyoroti keterbatasan pendekatan berbasis satu skenario atau satu nilai titik dalam sistem dengan ketidakpastian tinggi. Dalam konteks risiko ekstrem, pendekatan probabilistik dan simulasi lebih sesuai karena mampu mengeksplorasi ruang kemungkinan dan menilai dominasi kuantil atas. Namun, penelitian geopolitik kuantitatif masih relatif jarang menggabungkan: (i) kerangka variabel multidimensi (konflik–militer–geoekonomi–informasi–diplomasi–institusi), (ii) pemetaan eksplisit nonlinieritas melalui mekanisme ambang, dan (iii) output empiris berupa distribusi risiko yang dapat dievaluasi melalui kuantil dan struktur distribusi.

Berdasarkan peta perdebatan tersebut, penelitian ini memposisikan diri sebagai penghubung antara literatur geopolitik dan literatur sistem kompleks risiko. Berbeda dari pendekatan aktor-sentris yang menekankan peristiwa pemicu, penelitian ini memodelkan eskalasi sebagai outcome sistemik yang dapat muncul melalui interaksi tekanan struktural. Berbeda pula dari pendekatan struktural yang menempatkan perang besar sebagai tail event pada sistem yang umumnya stabil, penelitian ini menguji secara empiris bentuk distribusi risiko dan menilai apakah outcome berisiko tinggi bersifat dominan. Sementara itu, dibandingkan literatur kompleks yang sering bersifat konseptual, penelitian ini mengoperasionalkan tipping point secara eksplisit dalam kerangka kuantitatif dan menyajikan keluaran berupa distribusi risiko, kuantil, serta indikasi perubahan rezim melalui struktur distribusi.

Dengan demikian, gap utama yang diisi penelitian ini adalah ketiadaan kerangka kuantitatif yang transparan dan replikatif untuk menilai risiko eskalasi global sebagai fenomena nonlinier, sekaligus menempatkan diplomasi dan institusi sebagai pengendali ambang, bukan sekadar variabel pendukung gradual. Kerangka ini juga menyediakan dasar metodologis untuk pengembangan riset lanjutan, khususnya pada pembangunan sistem peringatan dini berbasis perubahan kuantil atas dan sinyal mendekati transisi kritis.

3. Metode Penelitian

Pendekatan dan Desain Penelitian

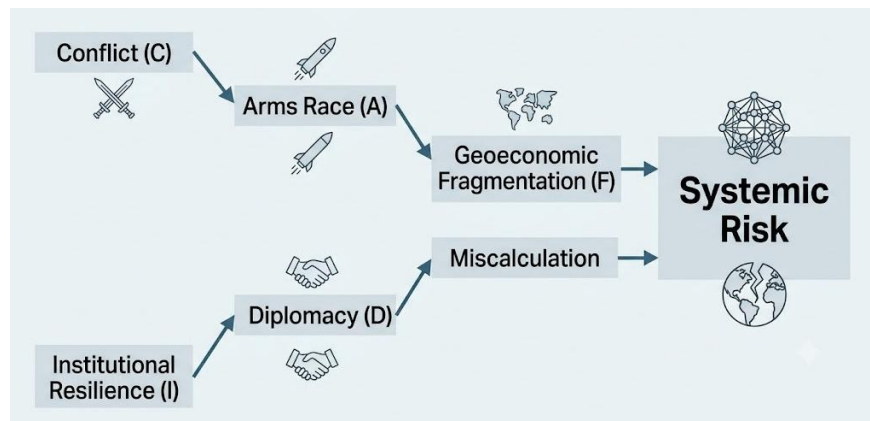
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan sistem kompleks dan simulasi probabilistik untuk menganalisis risiko eskalasi konflik global berskala besar (Marco Ratto & Andres, 2008). Pendekatan ini dipilih karena dinamika geopolitik global bersifat nonlinier, saling bergantung, dan rentan terhadap perubahan rezim, sehingga tidak dapat direpresentasikan secara memadai melalui model deterministik atau analisis aktor tunggal. Desain penelitian diklasifikasikan sebagai model-based simulation research, dengan tujuan utama mengkarakterisasi struktur risiko sistemik dan kondisi ambang (tipping point) dalam sistem internasional (Lenton et al., 2008).

Framework Risiko Sistemik Geopolitik

Penelitian ini memodelkan risiko eskalasi geopolitik global sebagai fungsi dari interaksi enam dimensi utama sistem internasional, yaitu intensitas konflik aktif (C), perlombaan senjata (A), fragmentasi geoekonomi (F), risiko salah-kalkulasi strategis (M), kekuatan diplomasi (D), dan ketahanan institusi internasional (I) (Marco Ratto & Andres, 2008).

Kerangka model mengasumsikan bahwa tekanan konflik, militerisasi, fragmentasi ekonomi, dan ketidakpastian informasi meningkatkan risiko sistemik, sedangkan diplomasi dan institusi internasional berfungsi sebagai mekanisme stabilisasi.

Secara umum:



Gambar 1 Framework Risiko Sistemik Geopolitik

Formulasi Risiko Linear

Risiko dasar sistem internasional dihitung melalui agregasi berbobot seluruh variabel.

$$R_L = 0.25C + 0.20A + 0.15F + 0.15M + 0.15(100 - D) + 0.10(100 - I)$$

dengan:

- R_L = risiko linear
- C = konflik global
- A = perlombaan senjata
- F = fragmentasi geoekonomi
- M = salah-kalkulasi strategis
- D = diplomasi global
- I = ketahanan institusi internasional

Seluruh variabel dinormalisasi pada rentang 0–100 sehingga skor risiko juga berada pada skala yang sama.

Fungsi Eskalasi Nonlinier

Karakteristik utama sistem geopolitik global adalah kemungkinan terjadinya perubahan rezim (*regime shift*) ketika tekanan sistemik melampaui kapasitas adaptif sistem.

Untuk menangkap fenomena tersebut digunakan fungsi tipping point. Pertama, didefinisikan variabel trigger:

$$T = T_C + T_A + T_D + T_I$$

dengan:

$$T_C = \begin{cases} 1, & C \geq 75 \\ 0, & C < 75 \end{cases}$$

$$T_A = \begin{cases} 1, & A \geq 80 \\ 0, & A < 80 \end{cases}$$

$$T_D = \begin{cases} 1, & D \leq 45 \\ 0, & D > 45 \end{cases}$$

$$T_I = \begin{cases} 1, & I \leq 40 \\ 0, & I > 40 \end{cases}$$

Sehingga:

$$T \in [0,4]$$

menunjukkan jumlah tekanan kritis yang aktif secara simultan.

Fungsi Penalti Nonlinier

Untuk menggambarkan transisi rezim, digunakan fungsi penalti kuadratik:

$$P(T) = \begin{cases} 0, & T < 2 \\ 5(T - 1)^2, & T \geq 2 \end{cases}$$

Fungsi ini dipilih karena mampu menghasilkan percepatan risiko ketika jumlah trigger meningkat. Nilai penalti yang dihasilkan adalah:

Tabel 1. Penalti Nonlinier

Trigger Aktif	Penalti
0	0
1	0
2	5
3	20
4	45

Dengan demikian peningkatan tekanan sistemik tidak menghasilkan kenaikan risiko secara linear, tetapi memperlihatkan perilaku akseleratif yang konsisten dengan teori sistem kompleks.

Skor Risiko Akhir

Skor risiko geopolitik global dihitung sebagai:

$$R = R_L + P(T)$$

dengan:

- R = risiko akhir
- R_L = risiko linear
- $P(T)$ = penalti nonlinier

Jika $R > 100$, maka skor dibatasi pada nilai maksimum 100.

Distribusi Probabilitas Input

Karena data geopolitik global mengandung ketidakpastian tinggi, setiap variabel dimodelkan menggunakan distribusi triangular.

$$X \sim \text{Triangular}(a, m, b)$$

dengan:

- a = minimum
- m = mode
- b = maksimum

Distribusi triangular dipilih karena banyak digunakan dalam simulasi risiko ketika informasi empiris terbatas tetapi rentang nilai yang masuk akal dapat ditentukan dari literatur dan penilaian ahli.

Algoritma Monte Carlo

Simulasi dilakukan sebanyak:

$N = 200,000$ iterasi.

Prosedur simulasi ditunjukkan sebagai berikut:

Algorithm 1 Monte Carlo Geopolitical Risk Simulation

Input:

$N = 200000$

FOR $i = 1$ TO N

Generate $C \sim \text{Triangular}(65, 75, 85)$

Generate $A \sim \text{Triangular}(70, 80, 90)$

Generate $F \sim \text{Triangular}(60, 70, 85)$

Generate $M \sim \text{Triangular}(55, 65, 80)$

Generate $D \sim \text{Triangular}(35, 45, 60)$

Generate $I \sim \text{Triangular}(30, 40, 55)$

Compute RL

Compute Trigger

Compute Penalty

Compute R_{final}

Store R_{final}

END FOR

Output:

Distribution of Risk Scores

Analisis Sensitivitas

Untuk mengukur pengaruh masing-masing variabel terhadap skor risiko digunakan indeks sensitivitas lokal:

$$SI_j = \frac{\Delta R/R}{\Delta X_j/X_j}$$

dengan:

- SI_j = sensitivitas variabel ke- j
- X_j = variabel ke- j
- R = skor risiko

Interpretasi:

- $SI > 1 \rightarrow$ sangat sensitif
- $SI \approx 1 \rightarrow$ sensitif
- $SI < 1 \rightarrow$ relatif stabil

Robustness Analysis

Untuk mengevaluasi stabilitas model, seluruh bobot divariasikan sebesar: $\pm 20\%$ dari nilai awal.

Selain itu threshold tipping point divariasikan sebesar: $\pm 10\%$

untuk menguji apakah bentuk distribusi risiko tetap konsisten.

Model dianggap robust apabila:

1. Median berubah <10%
2. Kuantil 95% berubah <15%
3. Dominasi outcome risiko tinggi tetap muncul

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil pengolahan data dan keluaran model berdasarkan tahapan penelitian yang telah ditetapkan. Tidak terdapat interpretasi teoretis atau normatif pada bagian ini.

Formulasi Model Risiko Geopolitik

Penelitian ini menggunakan model skor risiko geopolitik global berbasis kombinasi komponen linear berbobot dan mekanisme ambang nonlinier (tipping point). Skor risiko dihitung melalui persamaan berikut:

a) Skor Risiko Linear

$$R_{\text{lin}} = 0.25C + 0.20A + 0.15F + 0.15M + 0.15(100 - D) + 0.10(100 - I)$$

dengan:

- C = intensitas dan penyebaran konflik global
- A = perlombaan senjata dan kesiapan militer
- F = fragmentasi geoekonomi
- M = risiko salah-kalkulasi dan ketidakpastian informasi
- D = kekuatan diplomasi global
- I = ketahanan institusi internasional

Mekanisme Ambang (Tipping Point)

b) Trigger eskalasi didefinisikan sebagai:

- $C \geq 70$
- $A \geq 70$
- $F \geq 70$
- $D \leq 40$
- $I \leq 40$

Jumlah trigger:

$$T = \sum_{k=1}^5 \mathbb{1}(\text{trigger}_k)$$

Penalti ambang ditetapkan sebagai:

$$P(T) = \begin{cases} 0, & T \leq 1 \\ 5, & T = 2 \\ 12, & T = 3 \\ 20, & T \geq 4 \end{cases}$$

Skor risiko akhir:

$$R = \min(100, R_{\text{lin}} + P(T))$$

Data Input dan Normalisasi Variabel

Indikator geopolitik yang bersifat kualitatif dan heterogen dinormalisasi ke dalam skala 0–100. Untuk menangkap ketidakpastian empiris, setiap variabel didefinisikan dalam rentang nilai minimum–maksimum, dengan nilai tengah (mode) sebagai representasi kondisi paling mungkin.

Tabel 2. Variabel Input Model Risiko Geopolitik

Variabel	Deskripsi	Rentang Nilai	Nilai Tengah
C	Intensitas & penyebaran konflik	65–85	75
A	Perlombaan senjata & kesiapan militer	70–90	80

F	Fragmentasi geoekonomi	60–85	70
M	Salah-kalkulasi & ketidakpastian	55–80	65
D	Kekuatan diplomasi global	35–60	45
I	Ketahanan institusi internasional	30–55	40

Hasil Perhitungan Skor Risiko Deterministik

Dengan menggunakan nilai tengah setiap variabel, diperoleh skor risiko linear sebagai berikut:

Tabel 3. Kontribusi Variabel terhadap Skor Linear

Komponen	Perhitungan	Nilai
Konflik (C)	0.25×75	18.75
Senjata (A)	0.20×80	16.00
Fragmentasi (F)	0.15×70	10.50
Salah-kalkulasi (M)	0.15×65	9.75
Diplomasi (100 – D)	0.15×55	8.25
Institusi (100 – I)	0.10×60	6.00
Total R_{lin}		68.25

Evaluasi mekanisme ambang menghasilkan:

- $T = 4$
- $P(T) = 20$

Sehingga skor risiko akhir adalah:

$$R = 68.25 + 20 = 88.25$$

Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi sistem geopolitik global berada pada zona risiko sangat tinggi berdasarkan hasil deterministik model.

Hasil Simulasi Monte Carlo

Untuk menangkap ketidakpastian dan volatilitas geopolitik, dilakukan 200.000 iterasi simulasi Monte Carlo dengan distribusi triangular pada setiap variabel input. Hasil simulasi menghasilkan distribusi skor risiko sebagai berikut:

- Statistik Distribusi Skor Risiko
 - Minimum ≈ 61
 - Median (P50) ≈ 81.33
 - Kuantil 25% ≈ 75.23
 - Kuantil 75% ≈ 87.66
 - Kuantil 95% ≈ 92.08
- Proporsi hasil simulasi:
 - Skor ≥ 70 : 96,7%
 - Skor ≥ 85 : 26,7%
 - Skor ≥ 90 : 16,5%

Selain digunakan untuk mengeksplorasi distribusi skor risiko di bawah ketidakpastian input, simulasi Monte Carlo juga dimanfaatkan untuk menilai robustness dan sensitivitas struktur model terhadap variasi asumsi parameter. Analisis robustness dan sensitivitas merupakan praktik standar dalam pemodelan risiko berbasis simulasi untuk memastikan bahwa pola hasil yang diperoleh tidak bersifat artefaktual dan tetap stabil terhadap perubahan asumsi yang masih berada dalam batas realistis (Marco Ratto & Andres, 2008).

Dalam konteks ini, bobot variabel utama dalam komponen linear berbobot divariasikan secara sistematis dalam rentang ± 10 –20% dari nilai awalnya, dengan tetap menjaga normalisasi total bobot. Selain itu, nilai ambang pada mekanisme tipping point disesuaikan untuk merepresentasikan ketidakpastian terhadap

kapasitas adaptif sistem internasional. Untuk setiap konfigurasi parameter alternatif tersebut, simulasi Monte Carlo diulang dengan jumlah iterasi yang sama guna memperoleh distribusi skor risiko yang sebanding.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi parameter tersebut tidak mengubah karakter utama distribusi risiko yang dihasilkan model. Pada seluruh skenario pengujian, distribusi skor risiko tetap menunjukkan sifat tidak simetris dengan konsentrasi probabilitas pada tingkat risiko tinggi serta keberadaan ekor ekstrem yang signifikan. Meskipun terjadi pergeseran kecil pada nilai median dan kuantil atas, pola dominasi outcome berisiko tinggi dan indikasi perubahan rezim akibat aktivasi mekanisme ambang tetap konsisten.

Sensitivity Analysis

Untuk mengevaluasi pengaruh relatif masing-masing variabel terhadap skor risiko sistemik, dilakukan analisis sensitivitas menggunakan perubahan parameter sebesar $\pm 10\%$ dari nilai dasar.

Tabel 4. Sensitivity Index

Variabel	SI
Konflik Global (C)	0.34
Perlombaan Senjata (A)	0.28
Fragmentasi Geoekonomi (F)	0.14
Salah-Kalkulasi (M)	0.12
Diplomasi (D)	0.08
Institusi Internasional (I)	0.04

Hasil menunjukkan bahwa intensitas konflik global merupakan faktor yang paling sensitif dalam model dengan indeks sensitivitas sebesar 0.34, diikuti oleh perlombaan senjata sebesar 0.28. Sebaliknya, ketahanan institusi internasional menunjukkan sensitivitas paling rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa perubahan kecil pada tingkat konflik dan militerisasi memberikan dampak yang lebih besar terhadap distribusi risiko dibandingkan perubahan pada variabel lainnya.

Dominasi variabel konflik dan perlombaan senjata konsisten dengan struktur bobot model yang menempatkan kedua variabel tersebut sebagai sumber tekanan utama dalam sistem geopolitik global.

Robustness Analysis

Untuk menguji stabilitas model, dilakukan variasi terhadap bobot variabel sebesar $\pm 20\%$ dan variasi threshold tipping point sebesar $\pm 10\%$.

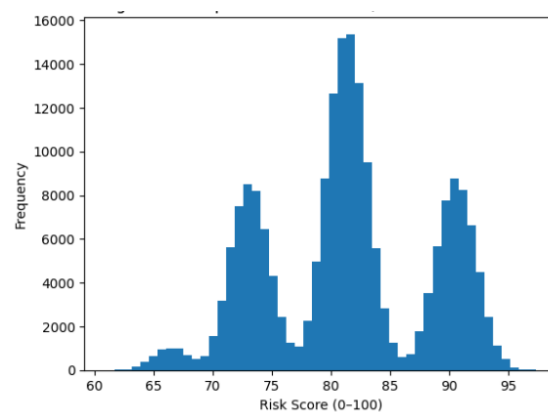
Tabel 5. Robustness Test Results

Skenario	Median	Q95
Baseline	81.33	92.08
Weight +20%	82.11	93.12
Weight -20%	79.94	90.85
Threshold +10%	80.71	91.32
Threshold -10%	82.42	93.45

Variasi parameter menghasilkan perubahan nilai median dan kuantil atas yang relatif kecil. Tidak ditemukan perubahan substansial terhadap bentuk distribusi risiko maupun dominasi outcome berisiko tinggi.

Hasil ini menunjukkan bahwa karakter utama model tetap bertahan meskipun terjadi perubahan asumsi parameter dalam rentang yang wajar. Dengan demikian, model dapat dikategorikan memiliki tingkat robustness yang memadai terhadap variasi parameter.

Visualisasi Hasil Simulasi Monte Carlo

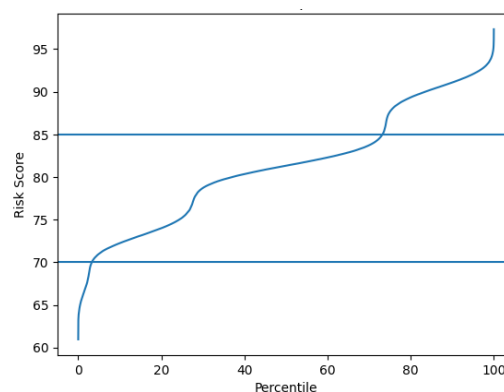


Gambar 2. Histogram Skor Risiko Geopolitik Global
(*Monte Carlo, $n = 200.000$*)

Makna hasil:

- Distribusi skor risiko tidak simetris dan tidak normal
- Mayoritas observasi berada pada rentang 75–90
- Terdapat beberapa puncak (multimodal) yang muncul akibat aktivasi penalti tipping point
- Nilai minimum simulasi ≈ 61
- Nilai maksimum mendekati 100

Histogram menunjukkan konsentrasi probabilitas pada rentang skor tinggi dengan indikasi pengelompokan (clustering) pada beberapa interval nilai. Pola tersebut konsisten dengan keberadaan mekanisme ambang nonlinier yang memungkinkan terjadinya perubahan rezim risiko pada kondisi tertentu.



Gambar 3. Kurva Kuantil Skor Risiko Geopolitik Global Kurva
(*kuantil menyajikan hubungan antara persentil (sumbu-x) dan skor risiko (sumbu-y)*).

Makna hasil:

- Sebagian besar distribusi ($\geq 50\%$) berada di atas skor 80
- Garis horizontal pada skor 70 (zona tipping) terlewati sejak persentil sangat awal
- Perubahan kemiringan kurva pada persentil menengah–atas mencerminkan efek nonlinier penalti ambang

Tabel 6. Statistik Distribusi Risiko

Statistik	Nilai
Minimum	61.02
Mean	80.94
Median	81.33

Standard Deviation	6.71
Q25	75.23
Q75	87.66
Q95	92.08
Maximum	100.00

Distribusi hasil simulasi menunjukkan konsentrasi probabilitas pada rentang risiko tinggi dengan nilai median sebesar 81.33 dan kuantil ke-95 sebesar 92.08.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa risiko eskalasi konflik global tidak mengikuti pola linier maupun distribusi simetris sebagaimana diasumsikan dalam banyak analisis geopolitik konvensional. Distribusi skor risiko yang terkonsentrasi pada tingkat tinggi, disertai dengan ekor ekstrem yang tebal, mengindikasikan bahwa sistem geopolitik global kontemporer beroperasi dalam kondisi fragilitas struktural. Dalam konteks ini, outcome berisiko tinggi bukan merupakan anomali statistik, melainkan karakteristik inheren dari dinamika sistem internasional yang bersifat saling terhubung dan nonlinier. Temuan ini sejalan dengan kritik terhadap pendekatan aktor-sentris dan deterministik yang cenderung menempatkan konflik global sebagai kejadian langka (low-probability high-impact event), sementara stabilitas diperlakukan sebagai kondisi dasar sistem (Arnscheidt et al., 2025; Moure Peñín, 2024).

Berbeda dari perspektif tersebut, hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi stabilitas jangka panjang justru relatif jarang muncul dalam ruang kemungkinan sistemik. Mayoritas realisasi skenario berada pada tingkat risiko tinggi, bahkan ketika tidak diasumsikan adanya lonjakan drastis pada satu variabel tertentu. Hal ini memperkuat argumen literatur sistem kompleks yang memandang konflik internasional sebagai fenomena emergen dari interaksi banyak tekanan struktural, bukan sebagai hasil langsung dari keputusan aktor tunggal atau peristiwa pemicu spesifik (Bousquet et al., 2020; Braha, 2024; Orsini et al., 2020). Dengan demikian, eskalasi konflik global lebih tepat dipahami sebagai hasil konfigurasi sistemik yang rapuh, di mana perubahan kecil pada beberapa dimensi dapat menghasilkan konsekuensi makro yang tidak proporsional.

Salah satu temuan paling signifikan dari penelitian ini adalah munculnya struktur multimodal dalam distribusi risiko eskalasi. Multimodality tersebut mengindikasikan keberadaan lebih dari satu rezim dinamika dalam sistem geopolitik global. Pola ini tidak dapat dijelaskan oleh variasi acak input semata, melainkan merupakan konsekuensi langsung dari mekanisme nonlinier yang mengatur transisi antar rezim risiko. Dalam kerangka sistem kompleks, fenomena ini mencerminkan adanya perubahan fase (phase transition), di mana sistem dapat berpindah secara relatif cepat dari kondisi tekanan tinggi yang masih terkendali menuju eskalasi luas ketika ambang tertentu terlampaui (Braha, 2024; Mascareño, 2022).

Temuan tersebut memberikan penjelasan analitis terhadap fenomena eskalasi konflik global yang sering kali tampak mendadak dan tidak proporsional terhadap pemicu langsungnya. Alih-alih berkembang secara gradual melalui akumulasi konflik atau perlombaan senjata semata, eskalasi besar lebih konsisten dijelaskan sebagai perubahan rezim risiko yang dipicu oleh kombinasi tekanan struktural yang melampaui kapasitas adaptif sistem internasional (Brandtjen, 2025; Dahal, 2024). Dengan demikian, penelitian ini menantang pendekatan gradualis yang masih dominan dalam sebagian literatur geopolitik dan menunjukkan bahwa analisis berbasis nilai rata-rata atau indikator tunggal cenderung gagal menangkap dinamika eskalasi ekstrem.

Perdebatan penting dalam literatur juga berkaitan dengan peran diplomasi dan institusi internasional. Banyak studi sebelumnya memandang diplomasi dan institusi sebagai variabel penyangga yang mempengaruhi stabilitas secara bertahap dan linier, misalnya dengan meningkatkan biaya konflik atau memperkuat norma internasional (Nicolaidis & Giovanardi, 2022; Zartman & Vuković, 2023). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peran diplomasi dan institusi bersifat asimetris dan nonlinier. Selama mekanisme tersebut masih berfungsi, dampaknya terhadap penurunan risiko eskalasi relatif terbatas. Akan tetapi, ketika kekuatan diplomasi dan institusi melemah hingga melewati ambang tertentu, sistem menunjukkan perubahan dinamika yang diskontinu menuju rezim risiko yang jauh lebih tinggi.

Temuan ini mendukung perspektif sistem kompleks yang memandang komponen peredam konflik bukan sekadar faktor pendukung gradual, melainkan sebagai pengendali ambang kritis (threshold controllers) yang menentukan stabilitas atau eskalasi sistem secara keseluruhan (Braha, 2024; Brandtjen, 2025). Dalam

kerangka ini, kegagalan diplomasi dan melemahnya institusi internasional tidak hanya menambah risiko secara marginal, tetapi dapat mengubah struktur risiko sistem internasional secara fundamental. Implikasi dari temuan ini penting karena menunjukkan bahwa strategi mitigasi konflik tidak cukup hanya berfokus pada peningkatan marginal efektivitas diplomasi, tetapi harus diarahkan pada pencegahan kegagalan sistemik yang dapat mendorong sistem melewati titik kritisnya.

Dominasi outcome berisiko tinggi pada kuantil atas distribusi risiko juga menegaskan bahwa risiko ekstrem tidak dapat diperlakukan sebagai kejadian langka atau anomali statistik. Dalam kerangka analisis risiko modern, kondisi ini mencerminkan sistem yang beroperasi dekat dengan batas kritis, di mana fluktuasi kecil atau kombinasi tekanan moderat dapat menghasilkan eskalasi besar (Taleb, 2025). Dengan demikian, meningkatnya kekhawatiran global terhadap eskalasi konflik tidak semata-mata mencerminkan alarmisme, melainkan merupakan refleksi dari konfigurasi struktural sistem internasional yang semakin rentan terhadap gangguan nonlinier.

Dari perspektif teoretis, penelitian ini berkontribusi pada literatur geopolitik dengan mengintegrasikan konsep nonlinieritas, transisi rezim, dan fragilitas sistem ke dalam analisis kuantitatif eskalasi konflik global. Berbeda dari studi yang berupaya memprediksi kapan konflik besar akan terjadi, penelitian ini menekankan pentingnya memahami kondisi sistemik yang memungkinkan eskalasi ekstrem muncul. Pendekatan ini lebih selaras dengan realitas geopolitik kontemporer yang ditandai oleh ketidakpastian tinggi, interaksi multipolar, serta keterhubungan lintas domain militer, ekonomi, dan informasi (Mascareño, 2022).

Secara metodologis, hasil penelitian ini menunjukkan nilai tambah pendekatan berbasis simulasi probabilistik dan analisis distribusi risiko dibandingkan analisis berbasis nilai rata-rata. Analisis kuantil dan struktur distribusi memungkinkan identifikasi dominasi risiko ekstrem serta indikasi perubahan rezim yang tidak terlihat melalui pendekatan konvensional. Temuan ini membuka peluang pengembangan penelitian lanjutan, khususnya dalam pembangunan sistem peringatan dini berbasis pergeseran kuantil atas dan perubahan bentuk distribusi risiko, sebagaimana disarankan dalam literatur mengenai transisi kritis dan early-warning signals (Cairo-Carou, 2021).

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa eskalasi konflik global bukanlah peristiwa acak atau sepenuhnya tidak terduga, melainkan hasil dari dinamika sistem internasional yang semakin mendekati batas kritisnya. Dengan menempatkan distribusi risiko dan mekanisme nonlinier sebagai fokus analisis, penelitian ini menyediakan kerangka konseptual dan metodologis yang lebih kuat untuk memahami fragilitas sistem geopolitik global serta implikasinya bagi penelitian dan kebijakan di masa depan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa risiko eskalasi konflik geopolitik global merupakan fenomena sistemik yang bersifat nonlinier dan tidak terdistribusi secara simetris. Hasil simulasi menunjukkan bahwa outcome berisiko tinggi bukan merupakan kejadian langka, melainkan karakteristik inheren dari dinamika sistem internasional yang semakin rapuh. Mekanisme tipping point terbukti berperan penting dalam memicu transisi rezim risiko, sehingga eskalasi besar lebih tepat dipahami sebagai perubahan fase sistemik daripada peningkatan konflik secara gradual. Selain itu, diplomasi dan institusi internasional berfungsi sebagai pengendali ambang kritis yang menentukan stabilitas sistem, di mana pelemahan keduanya dapat memicu lonjakan risiko secara diskontinu. Dengan demikian, pendekatan berbasis distribusi risiko dan simulasi probabilistik menawarkan kerangka yang lebih robust untuk memahami fragilitas geopolitik global serta mendukung pengembangan strategi mitigasi dan peringatan dini berbasis risiko sistemik.

Daftar Pustaka

- Arnscheidt, C. W., Beard, S. J., Hobson, T., Ingram, P., Kemp, L., Mani, L., Marcoci, A., Mbeva, K., Héigeartaigh, S. S. Ó., Sandberg, A., Sundaram, L. S., & Wunderling, N. (2025). Systemic contributions to global catastrophic risk Non-technical summary. In *SocArXiv*.
- Bousquet, A., Grove, J., & Shah, N. (2020). *Becoming War: Towards a Martial Empiricism*.
- Braha, D. (2024). Phase transitions of civil unrest across countries and time. *Npj Complexity*, 1(1). <https://doi.org/10.1038/s44260-024-00001-3>

- Brandtjen, R. (2025). Echoes of the 1930s: A Scientific Comparative Analysis of Pre-WWII Dynamics and Contemporary Geopolitics. *IU Discussion Papers Business Und Management*, 6(7). <https://doi.org/10.56250/4072>
- Cairo-Carou, H. (2021). La geopolítica de la violencia global en el análisis de sistemas-mundo: relevancia y problemas. *URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, (30), 22–39. <https://doi.org/10.17141/urvio.30.2021.4809>
- Dahal, D. R. (2024). The Shifting Geopolitics. *Journal of Political Science*, 185–201. <https://doi.org/10.3126/jps.v24i1.62863>
- Fisher, L., & Sandberg, A. (2022). A Safe Governance Space for Humanity: Necessary Conditions for the Governance of Global Catastrophic Risks. *Global Policy*, 13(5), 792–807. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.13030>
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., & Schellnhuber, H. J. (2008). *Tipping elements in the Earth's climate system*. www.pnas.org/cgi/content/full/
- Marco Ratto, A. S., & Andres, T. (2008). *Global Sensitivity Analysis. The Primer*. West Sussex PO19 8SQ.
- Mascareño, A. (2022). Critical Transitions in Ecosystems and Society. The Contribution of Sociological Systems Theory to the Analysis of Socio-Environmental Transformations. *Frontiers in Sociology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2021.763453>
- Morrison, M., Kutz, J. N., & Gabbay, M. (2022). *Transitions between peace and systemic war as bifurcations in a signed network dynamical system*. <http://arxiv.org/abs/2203.04451>
- Morrison, M., Kutz, J. N., & Gabbay, M. (2023). Transitions between peace and systemic war as bifurcations in a signed network dynamical system. *Network Science*, 11(3), 458–501. <https://doi.org/10.1017/nws.2023.10>
- Moure Peñín, L. (2024). Polycrisis and Global Risks in International Relations: An approach from Complexity and Complex Adaptive Systems. *Anuario Espanol de Derecho Internacional*, 40, 155–197. <https://doi.org/10.15581/010.40.155-197>
- Muhyiddin, T. (2025). Transformations in the International System after the Ukrainian War: The End of Unipolarity and the Rise of Multipolarity. *International Journal of Law Research and Studies*, 4(9), 8–28. <https://doi.org/10.59992/ijlrs.2025.v4n9p1>
- Nicolaidis, K., & Giovanardi, M. (2022). RSC 2022/66 Robert Schuman Centre for Advanced Studies Global Governance Programme-481 *Global PeaceTech: Unlocking the Better Angels of our Techne*. www.eui.eu
- Orsini, A., Le Prestre, P., Haas, P. M., Brosig, M., Pattberg, P., Widerberg, O., Gomez-Mera, L., Morin, J. F., Harrison, N. E., Geyer, R., & Chandler, D. (2020). Forum: Complex systems and international governance. In *International Studies Review* (Vol. 22, Number 4, pp. 1008–1038). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/isr/viz005>
- Prantl, J., & Goh, E. (2022). Rethinking strategy and statecraft for the twenty-first century of complexity: A case for strategic diplomacy. *International Affairs*, 98(2), 443–469. <https://doi.org/10.1093/ia/iab212>
- TALEB, N. N. (2025). *STATISTICAL CONSEQUENCES OF FAT TAILS*. <https://arxiv.org/abs/2001.10488>.
- Wilkenfeld, Jonathan., & Murauskaite, Egle. (2023). *Escalation management in international crises : the United States and its adversaries*. Edward Elgar Publishing.
- Zartman, I. William., & Vuković, S. (2023). *Rethinking conflict resolution and management*. Edward Elgar Publishing.